

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт – Физико-технический

Направление – Ядерные физика и технологии

Кафедра – Электроника и автоматика физических установок

Специальность – Электроника и автоматика физических установок

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
РАЗРАБОТКА УЛЬТРАКОМПАКТНОГО СТЕКА ПРОТОКОЛОВ ТСР/ПР ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.5:004.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0702	Нурмухаметов Р.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чурсин Ю.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е.В.	канд. филос. наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Усов В.Ф.	канд. техн. наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭАФУ	Горюнов А.Г.	д-р техн. наук, доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, а также культурных ценностей; понимать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности, защите интересов личности, общества и государства; быть готовым к анализу социально-значимых процессов и явлений, применять основные положения и методы гуманитарных, социальных и экономических наук при организации работы в организации, к осуществлению воспитательной и образовательной деятельности в сфере публичной и частной жизни.
Р2	Обладать способностями: действовать в соответствии с Конституцией РФ, исполнять свой гражданский и профессиональный долг, руководствуясь принципами законности и патриотизма, правилами и положениями, установленные законами и другими нормативными правовыми актами; к логическому мышлению, обобщению, анализу, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения; понимать основы национальной и военной безопасности РФ; работать в многонациональном коллективе; формировать цели команды, применять методы конструктивного разрешения конфликтных ситуаций; использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ.
Р3	Самостоятельно, методически правильно применять методы

	самостоятельного физического воспитания для повышения адаптационных резервов организма и укрепления здоровья, готовностью к достижению и поддержанию должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P4	Свободно владеть литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, навыками публичной и научной речи. Уметь создавать и редактировать тексты профессионального назначения, владеть одним из иностранных языков как средством делового общения.
P5	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; быть готовым к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, принимать решения в нестандартных условиях обстановки и организовывать его выполнение, самостоятельно действовать в пределах предоставленных прав; самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций.
P6	Применять основные законы естественнонаучных дисциплин, математический аппарат, вычислительную технику, современные методы исследований процессов и объектов для формализации, анализа и выработки решения профессиональных задач.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Уметь самостоятельно повышать уровень знаний в области профессиональной деятельности, приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической

	<p>деятельности новые знания и умения; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт, методы научно-исследовательской и практической деятельности, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях; оценивать перспективы развития АСУ и АСНИ физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), использовать современные достижения в научно-исследовательских работах.</p>
P8	<p>Применять знания о процессах в ядерных энергетических и физических установках, и о технологических процессах ядерного топливного цикла используя методы математического моделирования отдельных стадий и всего процесса для разработки АСУ ТП и АСНИ с применением пакетов автоматизированного проектирования и исследований.</p>
P9	<p>Использовать знания о протекающих процессах в ядерных энергетических установках, аппаратах производств ядерного топливного цикла, теории и практики АСУ ТП, при проектировании, настройке, наладке, испытаниях и эксплуатации современного оборудования, информационного, организационного, математического и программного обеспечения, специальных технических средств, сооружений, объектов и их систем; организовать эксплуатацию физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), современного оборудования и приборов с учетом требований руководящих и нормативных документов; быть готовым к освоению новых образцов физических установок, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний.</p>

P10	Использовать технические средства и информационные технологии, проводить предварительное технико-экономического обоснования проектных расчетов устройств и узлов приборов и установок, расчет, концептуальную и проектную проработку программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач с учетом неопределенностей объекта управления, разрабатывать способы применения программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, решать инженерно-физические и экономические задачи, применяя знания теории и практики АСУ, включающее математическое, информационное и техническое обеспечения, для проектирования, испытания, внедрения и эксплуатации АСУ ТП и АСНИ.
P11	Понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, соблюдать основные требования безопасности и защиты государственной тайны; выполнять мероприятия по восстановлению работоспособности физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики) при возникновении аварийных ситуаций, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; проводить анализ и оценку обстановки для принятия решения в случае возникновения аварийных ситуаций, экологическую безопасность, нормы и правило производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности.
P12	Разрабатывать проекты нормативных и методических материалов, технических условий, стандартов и технических описаний средств АСУ ТП и АСНИ, регламентирующих работу в сфере профессиональной деятельности; осуществлять

	разработку технического задания, расчет, проектную проработку современных устройств и узлов приборов, установок (образцов вооружения, программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ), использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов.
P13	Использовать в профессиональной деятельности нормативные правовые акты в области защиты государственной тайны, интеллектуальной собственности, авторского права и в других областях; осуществлять поиск, изучение, обобщение и систематизацию научно-технической информации, нормативных и методических материалов в сфере своей профессиональной деятельности.
P14	Проявлять и активно применять способность к организации и управлению работой коллектива, в том числе: находить и принять управленческие решения в сфере профессиональной деятельности; разрабатывать планы работы коллективов; контролировать соблюдение технологической дисциплины, обслуживания, технического оснащения, размещения технологического оборудования; организовывать учет и сохранность физических установок (вооружения и техники), соблюдение требований безопасности при эксплуатации; использовать основные методы защиты персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.
P15	Демонстрировать способность к осуществлению и анализу научно-исследовательских, технологических и пуско-наладочных работ, разработке планов и программ их проведения, включая ядерно-физические эксперименты, выбору методов и средств решения новых задач с применением

	<p>современных электронных устройств, представлению результатов исследований и формулированию практических рекомендаций их использования в формах научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных работ; выполнять полный объем работ, связанных с техническим обслуживанием физических установок с учетом требований руководящих и нормативных документов.</p>
--	--

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Физико-технический
Направление – Ядерные физика и технологии
Кафедра – Электроника и автоматика физических установок
Специальность – Электроника и автоматика физических установок

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ЭАФУ ФТИ
_____ А.Г. Горюнов
«12» октября 2015 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
0702	Нурмухаметову Р.А.

Тема работы:

Разработка ультракомпактного стека протоколов TCP/IP для встраиваемых систем управления и сбора информации
--

Утверждена приказом директора ФТИ	от 23.11.2015 № 9128/с
--	------------------------

Дата сдачи студентом выполненной работы	25 января 2016 г.
--	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Нормативные документы описывающие протоколы стека TCP/IP (документы RFC). Примеры реализации стека протоколов TCP/IP для встраиваемых систем.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Литературный обзор конкурентных решений реализации стека протоколов TCP/IP для встраиваемых систем. Аналитический обзор теоретического материала, связанного со стандартами, входящими в стек протоколов TCP/IP. Разработка стека протоколов TCP/IP, включающего протоколы ARP, ICMP, IP, TCP, HTTP, Modbus TCP.

	Тестирование полученного стека ТСП/IP, по критериями быстродействия, размера кода и отказоустойчивости. Заключение по выполненной работе
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент, канд. филос. наук Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	доцент, канд. техн. наук Усов В.Ф.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12 октября 2015 г.
---	--------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чурсин Ю.А.	канд. техн. наук, доцент		12.10.15

Задание принял к исполнению студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0702	Нурмухаметов Р.А.		12.10.15

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 168 с., 28 рис., 20 табл., 29 источников, 1 прил.

СТЕК ПРОТОКОЛОВ, TCP/IP, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, ETHERNET, ПАКЕТ, ГЛОБАЛЬНЫЙ БУФЕР, IP-АДЕРС, ДАННЫЕ, КАДР, ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ.

Объектом исследования является стек протоколов TCP/IP

Цель работы – разработка ультракомпактного стека протоколов TCP/IP, нетребовательного к ресурсам микроконтроллера для использования во встраиваемых системах управления и контроля

В процессе исследования проводились: литературный обзор конкурентных решений, аналитический обзор теоретического материала, связанного со стандартами, входящими в стек протоколов TCP/IP, разработка стека протоколов TCP/IP, включающего протоколы ARP, ICMP, IP, TCP, HTTP, Modbus TCP, тестирование полученного стека TCP/IP, по критериями быстродействия, размера кода и отказоустойчивости.

В результате исследования был реализован ультракомпактный стек протоколов TCP/IP. Стек был протестирован на отладочной плате Olimex E407.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: скорость обмена данными 3,5 Мбит/с, размер занимаемой flash-памяти – 2700 Кбайт и оперативной памяти – 1641 Кбайт.

Область применения: Данный стек протоколов может применяться для передачи данных по протоколам TCP/IP во встраиваемых системах управления и сбора информации.

Экономическая значимость работы заключается в возможности бесплатно применять и модернизировать качественный стек протоколов TCP/IP в разработках кафедры ЭАФУ.

В будущем планируется добавлять необходимый протоколы.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

RFC 791 – Протокол IP (Internet Protocol)

RFC 792 – Протокол ICMP

RFC 793 – Протокол управления передачей (TCP)

RFC 826 – Протокол преобразования адресов Ethernet (ARP)

RFC 894 – Стандарт передачи дейтаграмм IP в сетях Ethernet

RFC 2068 – Протокол передачи гипертекста – HTTP/1.1

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

TCP/IP: Общее название, присвоенное семейству протоколов передачи данных, используемых для связи компьютеров и другого оборудования в корпоративной сети.

Стек протоколов: Набор связанных между собой вертикальной иерархией протоколов.

RAM (*Random Access Memory*): Тип памяти с произвольным доступом, которая используется как оперативная память.

Дескриптор: Данные в ОЗУ, которые объясняют контроллеру прямого доступа к памяти, что делать с той или иной областью при работе Ethernet, т. е. это дополнительная служебная информация, используемая периферией Ethernet MAC, размещённая в ОЗУ

Микроконтроллер: Микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ и ПЗУ. По сути, это однокристальный компьютер, способный выполнять относительно простые задачи.

Пакет: Единица информации, передаваемая между информационными системами.

Топология: Конфигурация графа, вершинам которого соответствуют конечные узлы сети (компьютеры) и коммуникационное оборудование (маршрутизаторы), а рёбрам — физические или информационные связи между вершинами.

Маршрутизация: Процесс определения маршрута следования информации в сетях связи.

Web: Система доступа к связанным между собой документам на различных компьютерах, подключённых к Интернету

RFC (*Request for Comment*): Документы, описывающие внутреннюю работу сети Internet. Некоторые RFC описывают сетевые сервисы или протоколы и их реализацию, в то время как другие обобщают условия применения.

Протокол: Стандарт, описывающий правила взаимодействия функциональных блоков при передаче данных.

Сервер: Поставщик услуг в сетевой архитектуре клиент-сервер.

Клиент: Потребитель услуг в сетевой архитектуре клиент-сервер.

Браузер: Прикладное программное обеспечение для просмотра *web*-страниц; содержания веб-документов, компьютерных файлов и их каталогов; управления веб-приложениями; а также для решения других задач.

DMIPS: Единицы измерения вычислительной мощности (*Dhrystone* - это синтетический тест производительности компьютеров, а MIPS - количество миллионов инструкций в секунду).

DMA (*Direct Memory Access*): Прямой доступ к памяти. Режим обмена данными между устройствами компьютера или же между устройством и основной памятью, в котором центральный процессор не участвует.

В данной работе применены следующие сокращения:

персональный компьютер; ПК

модель взаимодействия открытых систем; OSI

локально-вычислительная сеть; ЛВС

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 Литературный обзор	17
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	21
2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	21
2.2 SWOT-анализ.....	22
2.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации	24
2.4 Инициация проекта.....	26
2.5 План проекта	27
2.6 Бюджет научного исследования.....	30
2.6.1 Основная заработная плата.....	31
2.6.2 Расчет потребляемого сырья.....	33
2.6.3 Затраты на спецоборудование	34
2.6.4 Прочие расходы.....	35
2.7 Группировка затрат по статьям	35
2.8 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	36

ВВЕДЕНИЕ

По данным Международного союза электросвязи в 2015 году количество пользователей глобальной сети Internet составило 43% от мирового населения Земли. В мире практически не осталось мест, где отсутствует доступ к глобальной сети. Интернет позволяет получать удаленный доступ к электронному устройству, которое поддерживает набор специальных протоколов, осуществлять за ним контроль управление. Этот набор специальных протоколов – стек протоколов TCP/IP.

В связи с глобализацией на сегодняшний день становится особенно важно, когда техническая система электронное устройство, помимо своих основных функций, как опцию, имеет доступ в интернет. Это может стать его основным конкурентным преимуществом. Удаленное управление электронным устройством становится распространенным явлением начиная от бытовой сферы, заканчивая сферой промышленной автоматизации. Поддержка стека TCP/IP позволяет подключать разрабатываемое устройство к любому современному компьютеру без установки стороннего софта. Такое устройство может быть доступно в сети интернет из любой точки мира, запрашивать или отправлять необходимую информацию по расписанию, в том числе, по беспроводному соединению, может удаленно конфигурироваться из обычного браузера, что значительно расширяет область его применения.

Помимо вышеописанных преимуществ использования веб-интерфейса для построения автоматизированных систем управления, так же можно отметить простоту установки. После создания новой версии *web*-приложения её не надо устанавливать на все компьютеры – достаточно установить на сервер.

					<i>643.ФЮРА 00010-01 81 01</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Введение</i>		
<i>Разраб.</i>		<i>Нурмхаметов</i>					
<i>Провер.</i>		<i>Чурсин</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Усов</i>					
<i>Н. Контр</i>		<i>Ефремов</i>					
<i>Утверд</i>		<i>Горюнов</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					<i>ТПУ ФТИ 15</i> <i>группа 0702</i>		

Добавление поддержки сети к встраиваемой системе может стать грандиозной задачей, прежде всего потому что сетевые стеки весьма требовательны к ресурсам. Создание систем управления по TCP/IP сети требует построения на микроконтроллерах устойчиво работающего *web*-сервера. К сожалению все компактные и стабильные решения для встраиваемых систем являются платными, а бесплатные решения громоздкие и не отличаются устойчивостью в работе.

Целью данной дипломной работы является создание ультракомпактного стека протоколов TCP/IP, который бы задействовал минимальное количество ресурсов микроконтроллера. В стеке должны присутствовать только необходимые для работы протоколы: ARP, ICMP, IP, TCP. И в каждом из протоколов должен быть реализован абсолютный минимум функций, за счет чего будет достигнута необходимая компактность кода. Такой стек должен поддерживать работу по протоколам прикладного уровня – HTTP и Modbus TCP. Для проверки работоспособности и надежности реализованного стека необходимо реализовать HTTP-сервер, который позволил бы управлять периферией платы Olimex E407, в которой установлен микроконтроллер STM32F407ZG, на котором производилась реализация стека. Должна поддерживаться возможность управления по локальной сети и по сети Internet. Так же необходимо реализовать Modbus TCP-сервер, реализующий базовый набор функций Modbus RTU, работающий в сетях TCP/IP.

Также необходимо, чтобы реализованный стек протоколов TCP/IP был устойчив к перегрузкам в сети и реализовывал достаточную для задач управления и контроля скорость обмена данными.

1 Литературный обзор

Поддержка TCP/IP в устройстве позволяет легко связывать неограниченное число самых разнородных устройств, расположенных как в рамках одной сети, так и в разных, в том числе территориально удаленных сетях, вплоть до масштабов страны и мира.

Реализации стеков TCP/IP можно условно разделить на полнофункциональные для производительных систем типа ПК и решения с урезанным функционалом для встраиваемых систем. Традиционные реализации TCP/IP требуют слишком много ресурсов с точки зрения размера кода и использования оперативной памяти, чтобы их можно было использовать в низкопроизводительных системах. Размер кода в несколько сотен килобайт и затраты RAM несколько сотен килобайт полного стека TCP/IP невозможны для систем, у которых десятков килобайт RAM и меньше 100 Кбайт памяти под код. Отличия компактных реализаций в том, что требовательный стек TCP/IP оптимизируется под малые ресурсы микроконтроллеров. Оптимизация производится за счет удаления из стека редко используемых протоколов, удаление редко используемых опций внутри самих протоколов, а так же структурных изменений. Именно такие реализации и будут рассматриваться в данной дипломной работе.

Реализации стека TCP/IP для встраиваемых систем можно разделить на открытые (находятся в свободном доступе) и закрытые. Последние разрабатываются непосредственно фирмами-разработчиками оборудования и встраиваются только в свои собственные устройства. Это так называемые фирменные разработки, их исходный код недоступен пользователю. В связи с открытостью стандартов RFC, документирующих протоколы стека TCP/IP, на сегодняшний день существует очень много частных открытых реализаций. Их

					643.ФЮРА 00010-01 81 01				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Нурмухаметов			Литературный обзор		Лит.	Лист	Листов
Провер.		Чурсин							
Консульт.		Усов					ТПУ ФТИ 17 группа 0702		
Н. Контр		Ефремов							
Утверд		Горюнов							

отличительная особенность состоит в том, что они были написаны и оптимизированы под конкретный проект и не подходят для универсального ряда задач. В перечне открытых реализаций существует несколько популярных, которые используются повсеместно в открытых разработках для добавления поддержки сети в разрабатываемое устройство.

В результате анализа литературы было выбрано три наиболее популярных открытых реализации стека протоколов TCP/IP. Данные стеки хорошо документированы, на сайтах разработчиков приведены их параметры, которые будут использованы для сравнения в данной дипломной работе.

Первый стек называется «LwIP», был первоначально разработан Адамом Данкелсом в Шведском институте компьютерных наук. Аббревиатура расшифровывается как «*lightweight IP*» (облегченный IP) стек. Он значительно упрощен, однако имеет полную реализацию TCP/IP. LwIP разработан для работы в многопоточной среде с приложениями, работающими на основе конкурентных потоков; однако стек может быть также реализован в системе без операционной системы реального времени. Стек имеет широкий набор протоколов: IP, ICMP, IGMP, UDP, включая экспериментальные расширения UDP Lite, TCP с поддержкой управления перегрузкой, оценкой RTT, специализированные API для повышения производительности, поддержка API сокетов Беркли, DNS, SNMP, DHCP, PPP, ARP. Предоставляется поддержка нескольких локальных сетевых интерфейсов, и стек достаточно гибко настраивается для различных устройств, чтобы удовлетворять различным требованиям к ресурсам. Стек был скомпилирован с помощью среды разработки IAR Embedded Workbench. Для запуска стек требует порядка 12 Кбайт flash-памяти и 5 Кбайт оперативной памяти.

Второй стек называется микроIP. Был разработан также Адамом Данкелсом из группы сетевых встроенных систем Шведского института компьютерных наук (SICS) под лицензией BSD. Стек написан специально для встраиваемых устройств с ограниченными ресурсами так, чтобы работал абсолютный минимум из того, что есть в полном стеке TCP/IP. Стек микроIP

позволяет использовать только один сетевой интерфейс, и содержит протоколы IP, ARP, ICMP, UDP и TCP. Стек написан на языке Си и полностью совместим с RFC, так чтобы встраиваемые устройства работали как первоклассные участники сети. Стек построен по модульному принципу, т. е. протоколы могут подключаться и отключаться, как модули в зависимости от необходимости их использования.

В отличие от LwIP, микроIP оптимизирован с точки зрения ресурсов памяти. LwIP использует динамически выделяемую память для работы с сетевыми данными и информацией о соединениях. В микроIP дескрипторы соединений создаются на этапе компиляции, а обмен сетевыми данными ведется через специальный статический буфер. Вследствие такой оптимизации микроIP не поддерживает некоторые возможности TCP/IP стека, например сборку фрагментированных IP пакетов, алгоритм Нейгла, восстановление правильной последовательности пакетов и механизм отложенных подтверждений. В таблице 1.1 приведены затраты ресурсов для конфигурации с одним прослушиваемым портом TCP, 10 слотами соединений TCP, 10 записями в таблице ARP, буфером пакета 1500 байт, и простым сервером HTTP.

Таблица 1.1 - Расход памяти микроIP

Модуль	Flash-память, байт	RAM, байт
ARP	1324	118
IP/ICMP/TCP/UDP	3940	2860
HTTP	994	110
Итого	6258	3088

Последний рассмотренный стек производства компании Microchip. Из представленных реализаций он имеет самый разнообразный набор протоколов, который включает в себя: ARP, IP, ICMP, IGMP, DHCP, UDP, TCP, DNS, SNMP, AUTOIP, HTTP, NBNS, SMTP, TFTP, FTP. Присутствует простая файловая система, присутствуют опции конфигурирования набора протоколов

под каждый конкретный проект. В таблице 1.2 приведено использование памяти каждым модулем.

Таблица 1.2 - Использование памяти стеком Microchip

Модуль	Flash-память, байт	RAM, байт
MAC (Ethernet)	906	534
ARP	692	1500 (буфер)
ARPTask	181	110
IP	696	550
ICMP	318	100
TCP	3323	884
HTTP	1441	235
FTP Server	1063	350
DHCP Client	1228	260
IP Gleaning	20	12
MPFS (файловая система)	304	0
Менеджер стека	334	12+ICMP буфер
Итого	9906	4547+ICMP буфер

Следует отметить, что данный стек предназначен исключительно для микроконтроллеров фирмы Microchip и по большей части распространяется, как встроенное программное обеспечение. Хотя есть возможность отдельно скачать стек и произвести необходимые модификации. Поэтому данный стек присутствует в сравнении номинально.

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Поскольку рынок и технологии находятся в постоянном движении и развитии, необходимо проводить детальный анализ конкурирующих разработок. Данный анализ позволит внести коррективы в развитие научного исследования, а также даст оценку сильным и слабым сторонам всем конкурентным разработкам.

Основными конкурентными решениями являются стеки протоколов с открытым исходным кодом, разработанные Адамом Данкелсом в Шведском институте компьютерных наук и предназначенные для встраиваемых систем «микро IP» и «LwIP» (K1 и K2 соответственно).

Анализ конкурентных технических решений целесообразно проводить с помощью оценочной карты (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}
Потребность в ресурсах памяти	0,20	5	4	2	1	0,8	0,4
Скорость передачи данных	0,20	4	4	5	0,8	0,8	1
Надежность	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
Простота эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4

					643.ФЮРА 00010-01 81 01		
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Нумухаметов				Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	Лит.	Лист
Провер.	Чурсин						Листов
Консульт	Меньшикова					ТПУ ФТИ 21	
Н. Контр.	Ефремов					Группа 0702	
Утверд.	Горюнов						

Функциональная мощность	0,1	2	3	5	0,2	0,3	0,5
Простота портирования	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Гибкость системы	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
Безопасность	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
Цена	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
Итого:	1	44	43	42	4,39	4,14	3,89

Из таблицы 2.1 можно сделать вывод о том, что наиболее важными параметрами являются потребность в ресурсах памяти и скорость передачи данных. Разработанный стек протоколов позволит встраивать поддержку сети в низкопроизводительные микроконтроллеры, оставлять больше памяти для ресурсозатратных вычислений. При этом скорость передачи данных остается на уровне конкурентов и приемлема для выполняемых задач. Однако, чтобы добиться преимуществ в этих показателях пришлось пожертвовать функциональной мощностью разработки.

2.2 SWOT-анализ

Для объективного оценивания конкурентоспособности и перспектив развития разработки необходимо проанализировать сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, которые могут повлиять на разработку. SWOT-анализ позволит сформировать направление, в котором необходимо работать, чтобы повысить конкурентоспособность научной разработки.

Для составления итоговой матрицы SWOT-анализа необходимо определить сильные и слабые стороны проекта, угрозы и возможности проекта, а также взаимную корреляцию между ними.

Сильными сторонами разрабатываемого проекта являются низкая потребность в ресурсах памяти, надежность, простота эксплуатации.

Слабыми сторонами проекта являются низкая функциональная мощность и долгое время разработки.

Возможностями проекта являются развитие сегмента рынка автоматизации в котором потребуется максимальная компактность программного обеспечения с минимальным функциональным набором.

Угрозой данному проекту является появление бесплатного решения, имеющего схожую степень компактности, но более высокую функциональную мощность.

Корреляция между сильными и слабыми сторонами проекта с возможностями и угрозами отображена в итоговой матрице SWOT-анализа (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Низкая потребность в ресурсах памяти.</p> <p>С2. Надежность</p> <p>С3. Простота эксплуатации</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Низкая функциональная мощность.</p> <p>Сл2. Долгое время разработки.</p>
<p>Возможности проекта:</p> <p>В1. Развитие сегмента рынка автоматизации, в котором потребуется максимальная компактность программного обеспечения с минимальным функциональным набором</p>	<p>Внедрение разработанного решения в другие проекты</p>	<p>Необходимо поднять профессионализм разработчика, так как долгое время разработки не позволит успевать за быстрыми изменениями рынка</p>

Угрозы проекта: У1. Появление бесплатного решения, имеющего схожую степень компактности, но более высокую функциональную мощность.	В этом случае необходимо поднимать надежность работы и использовать новые методы построения кода для уменьшения потребности в ресурсах памяти	В этом случае необходимо расширять функциональный набор при этом стараться сохранить сильные стороны.
---	---	---

2.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла проекта полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации. Для этого необходимо оценить степень проработанности научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	4	3
Определены перспективные направления коммерциализации задела	3	3
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3

Определена товарная форма задела для представления на рынок	4	2
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	2
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	2
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	1
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	2
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	2
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
Проработан механизм реализации научного проекта	5	2
ИТОГО БАЛЛОВ	53	27

Исходя из оценок степени готовности проекта к коммерциализации видно, что проект имеет низкую степень готовности. По вопросам

маркетинговых исследований, финансирования коммерциализации, необходимо привлечение в команду проекта специалистов из данных областей.

2.4 Инициация проекта

Инициация проекта состоит из процессов, которые выполняются для нового проекта или новой стадии проекта. Для этого определяются начальные цели, содержание, фиксируются ресурсы. Также определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта.

Заинтересованные стороны проекта отображены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ	Разработка стека протоколов в коммерческие проекты, разрабатываемые на кафедре

В таблице 2.5 представлена информация о целях проекта, критериях достижения целей, а также требования к результатам проекта.

Таблица 2.5 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Разработка надежного стека протоколов ТСР/IP, нетребовательного к ресурсам, для использования во встраиваемых системах управления и контроля
Ожидаемые результаты проекта	Разработанное ПО, которое можно встраивать в низкопроизводительные системы контроля и управления
Критерии приемки результата проекта	Разработанный стек протоколов способен на прием и передачу данных по реализованным протоколам.

Требования к результату проекта	Разработанный стек протоколов должен иметь минимальный набор протоколов (ARP, ICMP, IP, TCP) с минимальными затратами ресурсов микроконтроллера. При этом скорость передачи данных должна быть не ниже уровня конкурентов.
---------------------------------	--

Рабочая группа проекта отображена в таблице 2.6

Таблица 2.6 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Чурсин Ю.Н., НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ, доцент	Научный руководитель	Контроль выполнения работ, консультирование, выдача задания.	78
Нурмухаметов Р.А., НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ, студент	Дипломник	Анализ литературных источников, создание алгоритма, программирование	786

2.5 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта, который может быть представлен в виде линейного графика или диаграммы Ганта.

Линейный график представлен в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление технического задания	4	06.06.15	09.06.15	Чурсин Ю.А.
2	Анализ существующих программных продуктов	10	10.06.15	19.06.15	Нурмухаметов Р.А
3	Разработка алгоритма функционирования программы	18/2	20.06.15	9.07.15	Нурмухаметов Р.А/ Чурсин Ю.А.
4	Реализация основного набора протоколов (ARP, ICMP, IP, TCP)	55/5	10.07.15	7.09.15	Нурмухаметов Р.А/ Чурсин Ю.А.
5	Реализация прикладных протоколов (HTTP, ModBus)	28/2	8.09.15	7.10.15	Нурмухаметов Р.А/ Чурсин Ю.А.
6	Реализация механизма прерываний, исправление ошибок	10	8.10.15	17.10.15	Нурмухаметов Р.А

7	Тестирование разработанного программного обеспечения	10	18.10.15	27.10.15	Нурмухаме- тов Р.А
---	--	----	----------	----------	-----------------------

Календарный план в виде диаграммы Ганта представлен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Диаграмма Ганта

Код работы	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				июн			июл			авг			сен			окт		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление технического задания	Руководитель	4															
2	Анализ существующих программных продуктов	Дипломник	10															
3	Разработка алгоритма функционирования программы	Дипломник/ Руководитель	18/ 2															
4	Реализация основного набора протоколов	Дипломник/ Руководитель	55/ 5															

2.6.1 Основная заработная плата

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов определяется из трудоемкости выполняемых работ. Расчет основной заработной платы представлен в таблице 2.10.

Основная заработная плата работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (5.1)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (5.2)$$

где $З_{\text{м}}$ – оклад работника;

M – количество месяцев работы без отпуска в год;

$F_{\text{д}}$ – годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала.

Таблица 2.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		

Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251
--	-----	-----

Таким образом, для студента:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{3380 \cdot 10,4}{251} = 140 \text{ руб/день} \quad (5.3)$$

Для руководителя:

Месячный должностной оклад:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 23264,86 \cdot (0,5 + 0,5) \cdot 1,3 = 30244, \quad (5.4)$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{30244 \cdot 10,4}{251} = 1253 \text{ руб/день.} \quad (5.5)$$

Расчет основной заработной платы производится по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (5.6)$$

И представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пп}	K _д	K _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	23264,86	0,5	0,5	1,3	30244	1253	13	16289
Дипломник	-	-	-	-	-	140	131	18340
Итого:								34629

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т. п. Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в проекте. Примем ее равной 10%.

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,1 \cdot 34629 = 3463, \quad (5.7)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты, принят равный 10 %;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

2.6.2 Расчет потребляемого сырья

Основным потребляемым сырьем в данной научной разработке является потребление электроэнергии компьютером. Для расчета стоимости потребляемой электроэнергии необходимо знать потребляемую мощность компьютером, время работы и текущий тариф на электроэнергию.

$$C_{\text{эз}} = 6 \cdot Д \cdot Т \cdot М = 6 \cdot 140 \cdot 4,36 \cdot 0,065 = 238 \text{ руб}, \quad (5.8)$$

где b – шестичасовой рабочий день;
 D – продолжительность работ;
 T – тариф на электроэнергию;
 M – мощность, потребляемая ноутбуком.

2.6.3 Затраты на спецоборудование

В статью «затраты на специальное оборудование для научных работ» включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. В эту статью следует отнести персональный компьютер, который использовался непосредственно как средство разработки, а так же отладочную плату, на которой производилось тестирование разработки.

Расчеты по данной статье приведены в таблице 5.11.

Таблица 2.11 – Затраты на специальное оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во ед. оборудования	Цена ед. оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
Ноутбук HP Pavilion	1	15000	15000
Отладочная плата Olimex E407	1	3000	3000
Итого:			18000

2.6.4 Прочие расходы

Отчисления на социальные нужды – это отчисления во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,35 \cdot (34629 + 3463) = 13332, \quad (5.9)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Накладные расходы составляют 80–100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении проекта. Примем эту величину равной 80%.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (34629 + 3463) = 30474, \quad (5.10)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

2.7 Группировка затрат по статьям

Группировка затрат по статьям отображена в таблице 2.12.

Весь бюджет разработки составил 100136 руб.

Таблица 2.12 – Группировка затрат по статьям

Основ- ная з/п	Доп. з/п	Отчисления на соц. нужды	Затраты на спецобору- дование	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого себесто- имость
34629	3463	13332	18000	238	30474	100136

2.8 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности I_{Φ}^p и ресурсоэффективности I_m^p .

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают I_{Φ}^p ходе оценки бюджета затрат для вариантов исполнения научного исследования. Для разрабатываемого стека протоколов затратами на разработку модели являются 100136 рублей. В качестве аналога выступает стек протоколов, стоимость разработки которого составила 200000 рублей.

Интегральный финансовый показатель разработки I_{Φ}^p :

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{100136}{200000} = 0,5; \quad (5.11)$$

Интегральный финансовый показатель аналога I_{Φ}^a :

$$I_{\Phi}^a = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{200000}{200000} = 1; \quad (5.12)$$

Показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения определяется как сумма произведений балла критерия на его оценку:

$$I_m^p = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 = 3,9 \quad (5.13)$$

$$I_m^a = 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 = 3,3 \quad (5.14)$$

В таблице 2.13 приведена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Таблица 2.13 – Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог
Способствует росту производительности	0,15	5	5
Удобство в эксплуатации	0,15	4	3
Помехоустойчивость	0,05	4	4
Энергосбережение	0,2	4	4
Надежность	0,2	4	3
Материалоемкость	0,25	3	2
Итого	1	24	21

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{\text{финр}}^p$ определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{3,9}{0,5} = 7,8; \quad (5.15)$$

Интегральный показатель эффективности аналога $I_{\text{финр}}^a$ определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} = \frac{3,3}{1} = 3,3; \quad (5.16)$$

Сравнение интегральных показателей эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта $\mathcal{E}_{\text{ср}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{р}}}{I_{\text{финр}}^{\text{а}}} = \frac{7,8}{3,3} = 2,36 \quad (5.17)$$

Результаты расчетов сравнительной эффективности проекта приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Сравнительная эффективность проекта

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,5
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,3	3,9
Интегральный показатель эффективности	3,3	7,8
Сравнительная эффективность проекта	2,36	